

Matières nucléaires et déchets

Débat public PNGMDR, Saclay, 27 Juin 2019

1

S. David, directeur de recherche CNRS/IN2P3

Les matières initiales

L'énergie nucléaire de fission est basée sur des noyaux très lourds

Dernier noyau stable = le plomb, masse 208

3 noyaux d'intérêt pour l'énergie nucléaire de fission

Thorium = masse 232 (protons + neutrons)

Uranium = deux isotopes de masse 235 et 238

Mêmes propriétés chimiques mais propriétés nucléaires différentes

Parmi ces noyaux lourds, on distingue

- Noyaux fissiles : fission directe induite « facilement » par un neutron (U-235)
- Noyaux non fissiles : fission difficile, la capture du neutron prédomine (U-238)

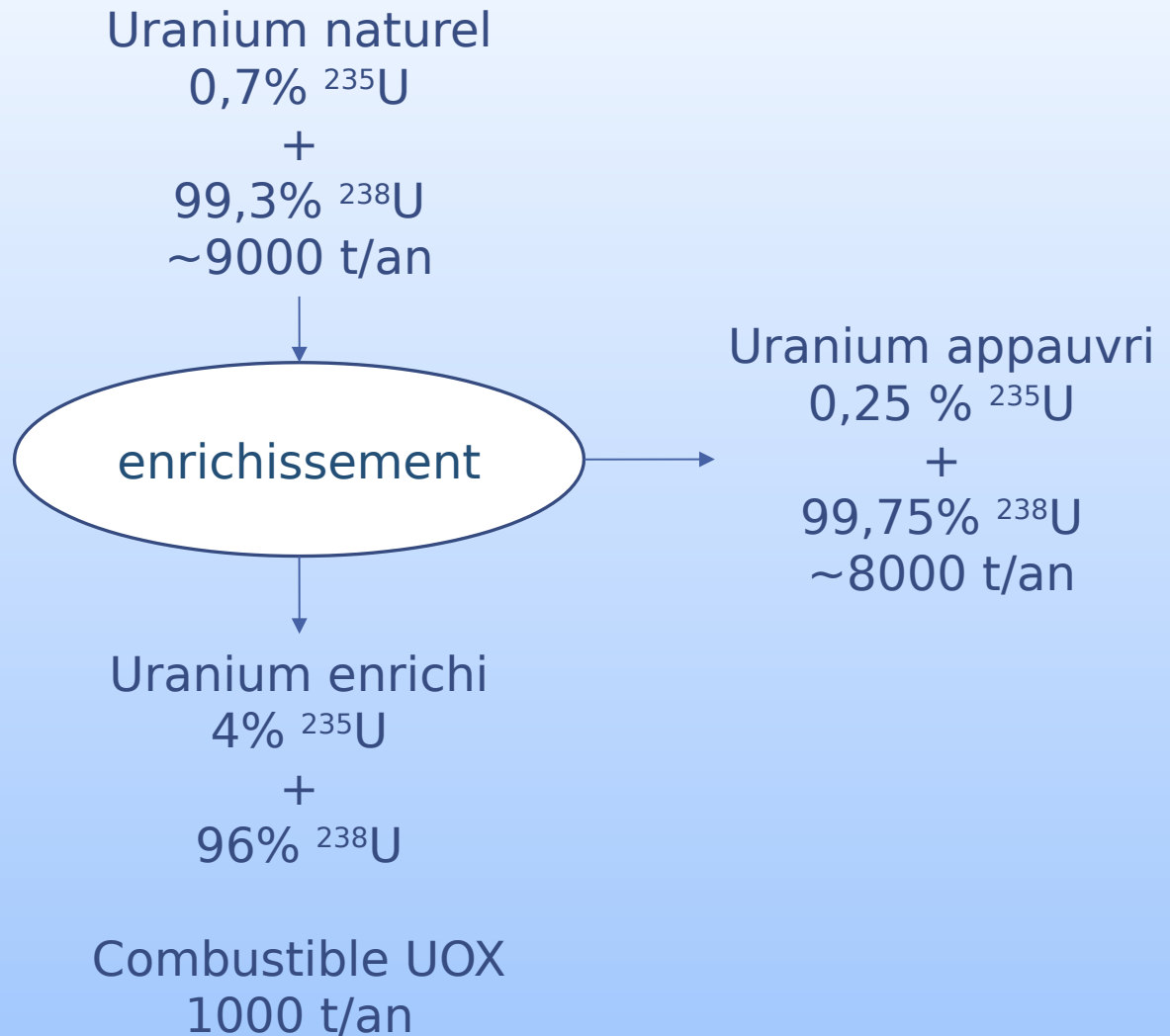
Tous les noyaux lourds peuvent in fine fissionner, après captures successives de neutrons, et sont donc potentiellement intéressants pour produire de l'énergie

Ordre de grandeur

- ***1 réacteur de 1 GWe fait fissionner 1 tonne de matière par an***
- ***France 50 tonnes de matière fissionnée par an***

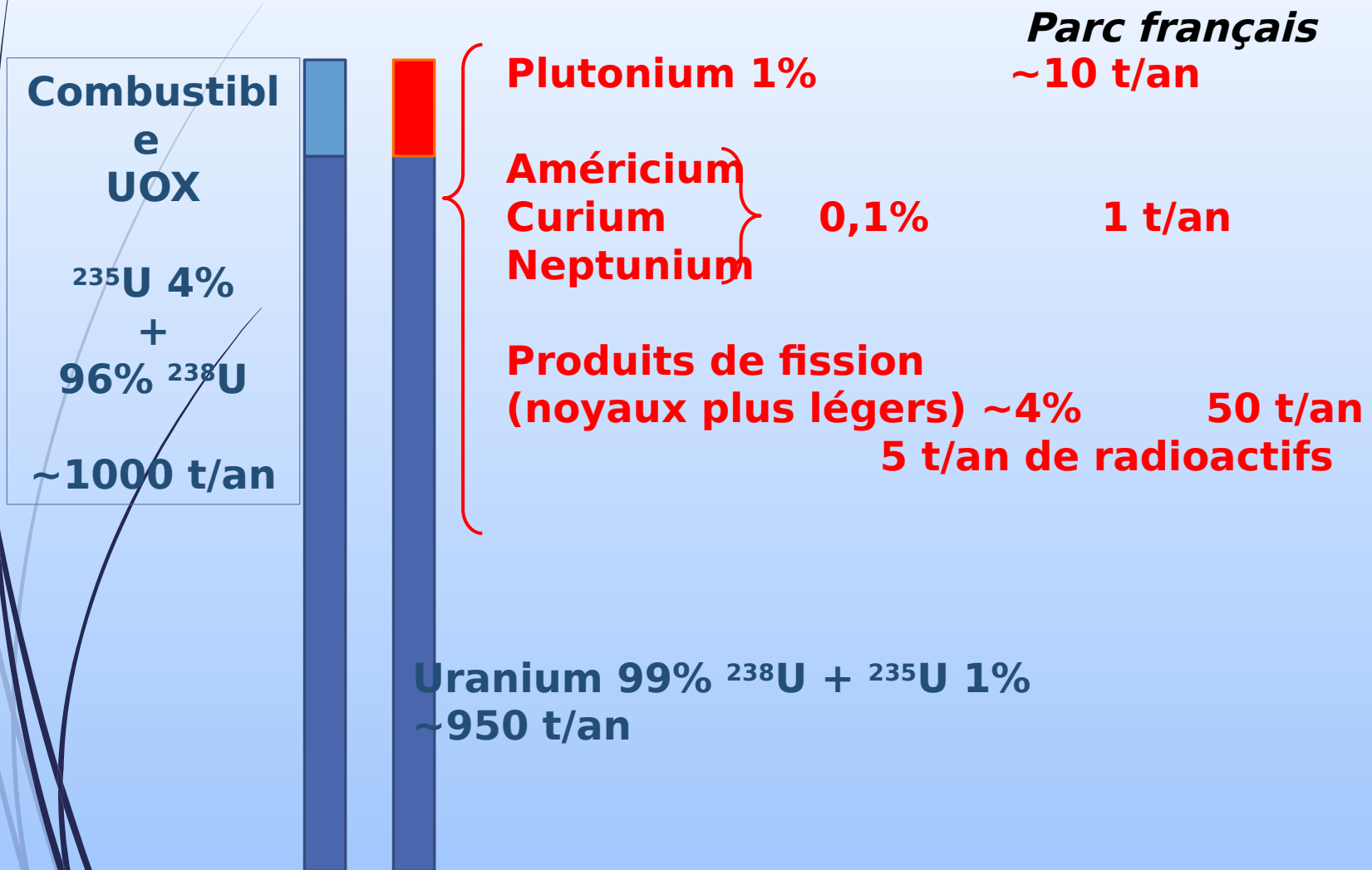
Amont du cycle

3



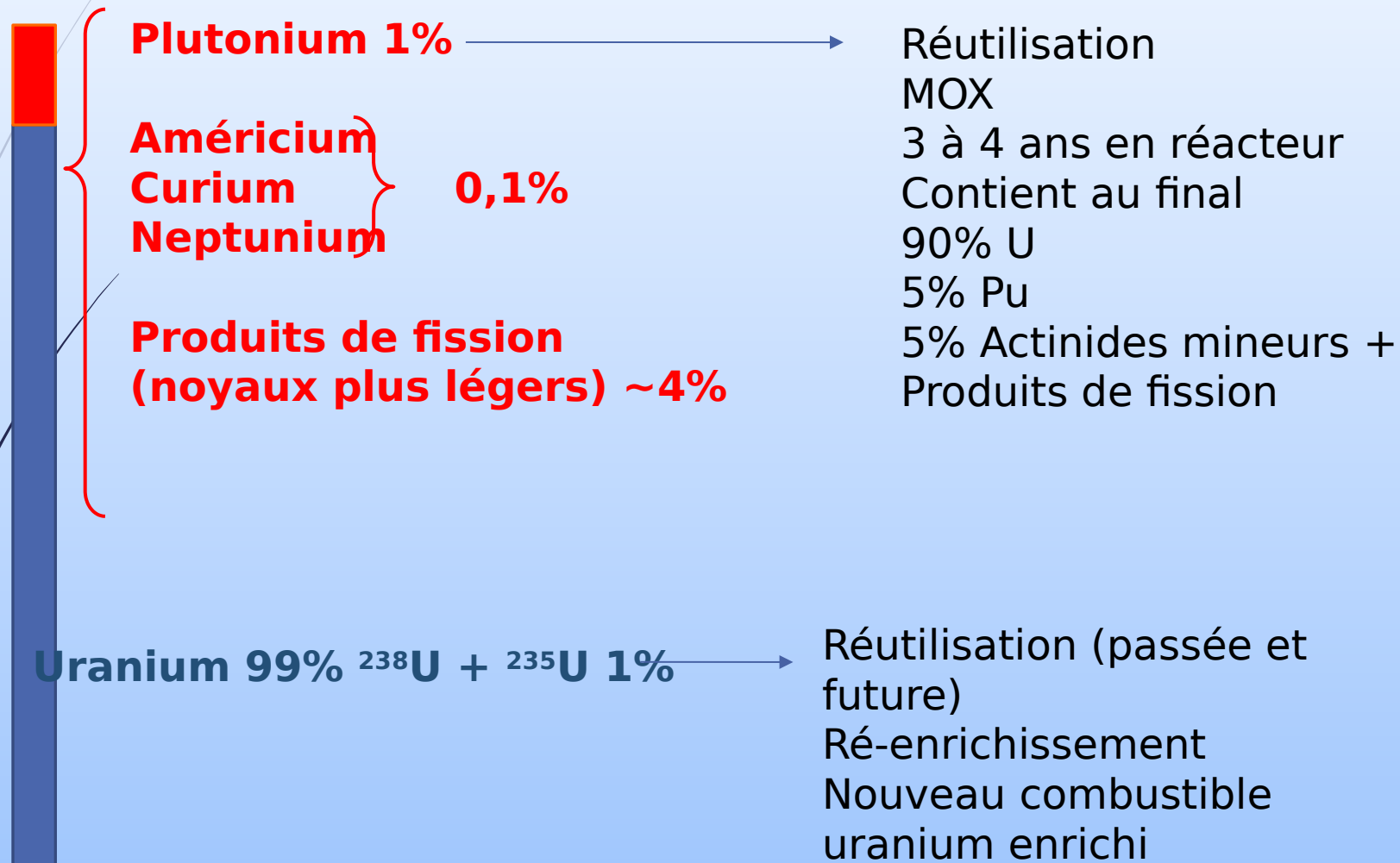
Rappel sur le cycle

Combustible utilisé après 3 à 4 ans en réacteur



Rappel sur le cycle

Ordres de grandeur



Matières et déchets issus des noyaux lourds (combustible)

Uranium appauvri

UOX usés non retraités

**Uranium, plutonium, neptunium,
américium, curium
Produits de fission**

Uranium de retraitement URT

Combustible URT usés

MOX usés entreposés

**Uranium, plutonium, neptunium,
américium, curium
Produits de fission**

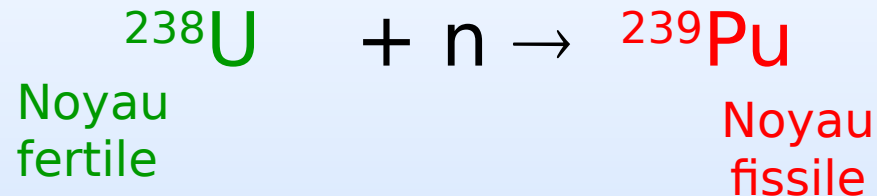
Déchets vitrifiés

**Neptunium, américium, curium
Produits de fission**

Noyaux lourds
présents et
récupérables
=
Potentiel
énergétique

Conditionnement
considéré comme
irréversible

Le principe de la régénération



Régénération

- Le Pu fissionné est régénéré : Masse Pu = cte
- Seul l' ${}^{238}\text{U}$ est consommé au taux de 1 tonne / (GWe.an)
- Taux d'utilisation du minerai d'uranium = 100 %
- Masse de Pu à fournir au départ = 20 t/ Gwe
- Parc français ~1200 t Pu, à comparer aux 300 t disponibles aujourd'hui

Mais

- nécessité de passer aux réacteurs à neutrons rapides (sodium)
 - faisabilité technologie démontrée
 - Technologie plus complexe et plus chère
- Aujourd'hui, l'arbitrage surcoût de la technologie vs économie d'Uranium est nettement en faveur des filières actuelles
 - Selon les scénarios d'évolution du nucléaire au niveau mondial, l'intérêt de la régénération peut se faire sentir dès 2040

Matières et voies de valorisation

* Potentiel énergétique

- Pour les flux de matières actuels : en % de la puissance du parc français
- Pour les stocks de matières accumulés : en années de production équivalente du parc français

Matière	Mode de valorisation possible	Potentiel énergétique*
Uranium appauvri ~300 000 t	Ré-enrichissement Réacteurs rapides régénérateurs	Eq. 5 ans en REP-UOX Eq. 5000 ans
UOX usés non retraités ~10 000 t	Recyclage Pu MOX standard	1 an
Uranium de retraitement URT ~30 000 t	Ré-enrichissement Réacteurs rapides régénérateurs	5 ans 50 ans
Combustible URE usés ~500 t	Recyclage Pu MOX standard Réacteurs rapides régénérateurs	faible
MOX usés entreposés ~2000 t ~+100 t/an	2 ^{ème} Recyclage Pu REP Multi-recyclage Pu en réacteurs à neutrons rapides régénérateurs	1 an + 3-5% du parc Infini (conso U uniquement)

